

HIDRÓGENO Y PILAS DE COMBUSTIBLE. UN USO ENERGÉTICO EFICIENTE EN LAS VIVIENDAS

Mónica Aguado Alonso / Beatriz Alzueta Ibáñez / Raquel Garde Aranguren

En este artículo se da una visión general del hidrógeno y las pilas de combustible y su integración dentro del sector residencial, como una forma de aumentar la eficiencia en el uso de la energía, reduciendo al mismo tiempo las emisiones de efecto invernadero y como alternativa a los combustibles fósiles, incrementando y mejorando la integración de energías renovables mediante el uso del hidrógeno y sus tecnologías.

1. ANTECEDENTES

La demanda mundial de energía está aumentando a un ritmo elevado como consecuencia del crecimiento de países en desarrollo, como China o India fundamentalmente. Así se predice un crecimiento medio de la energía primaria en el mundo del 1,8% anual durante el período 2.000-2.030¹. Para cubrir esta demanda se utilizan fundamentalmente reservas de combustibles fósiles, que emiten gases de efecto invernadero y otras sustancias contaminantes.

Si queremos reducir los niveles de contaminación existentes y llegar a cumplir los acuerdos adoptados en el protocolo de Kyoto en lo que se refiere a emisiones de CO₂, es necesario conseguir una disminución en la dependencia de los combustibles fósiles y un aumento de la eficiencia energética.

Durante el 2005 se emitieron a la atmósfera 368.282 kilotoneladas de CO₂ en España de las cuales 19.675 kilotoneladas se debieron al sector residencial².

Pese a que España es uno de los países europeos que menos energía consume en el sector residencial (1,1 tep/hogar), en los últimos años ha seguido una tendencia al alza que contrasta con la estabilización registrada en la mayoría de los países de la Unión europea.

Según el IDAE, el ritmo anual de crecimiento de los consumos de energía por hogar desde el año 2000, ha sido del 5,2%, derivado de la mejora de las economías domésticas, que ha hecho posible un incremento en el número de equipamientos de los hogares, sin que por ello haya mejorado la eficiencia de los mismos.

Otro factor que influye en la demanda energética es el aumento del número de hogares como consecuencia del fuerte crecimiento de la población originado por el fenómeno de la inmigración con una tasa de crecimiento medio interanual del 2,4%.

Utilizando fuentes de energía menos contaminantes y aumentando la eficiencia en la generación de energía para los hogares, conseguiremos disminuir los consumos del sector residencial, su dependencia de los combustibles fósiles y por lo tanto un sistema mucho más sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

Actualmente el estado ya ha aprobado ciertos documentos para hacer frente a estos problemas, entre los que cabe destacar:

- Aprobación Código Técnico de Edificación (CTE).
- Modificación Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE).
- Actualización Normativa de Aislamiento Térmico NBE-CT-79.
- Certificación energética de edificios.
- Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética en España.
- Plan de Fomento de las Energías Renovables.

La aprobación de la Directiva Europea de Eficiencia Energética en Edificación, 2002/91/CE y su adaptación a la legislación española están demandando nuevos requerimientos en el sector de la edificación, en aspectos relativos al consumo de energía, iluminación, aislamiento, calefacción, climatización, agua caliente sanitaria, certificación energética de edificios o utilización de energías renovables.

Cabe destacar la entrada en vigor del nuevo CTE, que obliga a las viviendas de nueva construcción a que un porcentaje de entre el 30 y el 70% de su consumo de agua caliente sanitaria (ACS), dependiendo de la zona climática de la vivienda y de su demanda de ACS, provenga de energías limpias.

En los últimos tiempos muchos promotores inmobiliarios y constructores han empezado a interesarse en la posibilidad de

introducir el hidrógeno y las pilas de combustible en sus nuevos diseños de viviendas, consiguiendo una eficiencia mucho mayor que la que se obtiene actualmente con los sistemas convencionales de generación de energía y evitando cualquier tipo de emisiones de efecto invernadero, cuando el hidrógeno utilizado por la pila proviene de energías renovables, además de contribuir a una mejor utilización de los recursos naturales disponibles localmente, diversificando las fuentes y reduciendo la dependencia exterior.

2. PRODUCCIÓN, ALMACENAMIENTO Y SEGURIDAD DEL HIDRÓGENO

El hidrógeno es el elemento más abundante en el universo, se estima que más del 75% de la masa total es H_2 . Es un gas incoloro, inodoro, insípido y no tóxico.

A pesar de esto, el hidrógeno no constituye directamente un combustible aprovechable, y por lo tanto, no es una fuente de energía primaria, sino un vector energético (es decir, un portador de energía), por ello es necesario producirlo y puesto que forma parte de prácticamente todo cuanto nos rodea, existen numerosas fuentes y tecnologías para su producción.

2.1. Producción

En la actualidad, se obtiene principalmente a partir de combustibles fósiles: gas natural (48%), petróleo (30%), carbón (18%), o como subproducto de procesos industriales. Las técnicas de producción más habituales son el reformado de gas natural con vapor de agua, la oxidación parcial de hidrocarburos pesados, y la oxidación parcial del carbón.

Sin embargo, en estos procesos se generan emisiones de CO_2 y puesto que uno de los objetivos propuestos para el futuro sistema energético, es la reducción o incluso eliminación de las emisiones contaminantes, no parece que éste sea el camino aconsejado para su obtención.

Por otra parte, un aumento del consumo de hidrógeno obtenido a partir de combustibles fósiles, no haría sino incrementar la dependencia de éstos y la inestabilidad económica, política y social de los países no productores.

Por estas razones, se están buscando alternativas para su producción a partir de energías renovables que solucionarían ambos factores, las emisiones contaminantes y la sostenibilidad del sistema energético mundial.

Entre las formas de producción a partir de renovables, cabe destacarse la electrolisis a partir de energías como la eólica o fotovoltaica por descomposición del agua en sus componentes, hidrógeno y oxígeno. Cada vez va adquiriendo más importancia también la producción con biomasa mediante gasificación o fermentación o incluso con procesos biológicos. Existen otros métodos en proceso de desarrollo como la producción fotoelectroquímica o la termoquímica.

2.2. Almacenamiento

Una de las ventajas del hidrógeno es su alta densidad energética por unidad de masa, de forma que es el combustible más energético que existe. Sin embargo, tiene la desventaja de poseer una baja densidad energética por unidad de volumen, lo cual implica grandes depósitos de almacenamiento.

$$1\text{kg } H_2 = 11.2 \text{ Nm}^3 = 33.33\text{kWh} = 120\text{MJ}$$

Estos datos están basados en el poder calorífico inferior (LHV- Lower Heating Value).

La elección del almacenamiento más adecuado no es tarea sencilla y deben tenerse en cuenta numerosos factores como el proceso final en el que se vaya a emplear, la densidad energética requerida, la cantidad de hidrógeno a almacenar y la duración del almacenamiento, la existencia de otras posibles formas de energía disponibles, los costes y necesidades de mantenimiento de la instalación y los costes de operación.

Actualmente, existen tres formas factibles de almacenamiento de hidrógeno: gas comprimido, líquido criogénico e hidruros metálicos, cada una de ellas con sus ventajas e inconvenientes.

El gas comprimido requiere grandes volúmenes y altas presiones como consecuencia de la baja densidad por unidad de volumen del hidrógeno. Sin embargo, esta tecnología es la más desarrollada y menos costosa.

El líquido criogénico permite almacenar mayor cantidad de gas en menor volumen, pero el proceso de licuefacción consume hasta un 40% de la energía contenida en el gas y la tecnología es mucho más costosa dado que debe trabajarse a muy bajas temperaturas.

El método más sencillo de almacenamiento es el de los hidruros metálicos ya que no entraña riesgos y se trabaja en condiciones normales. Sin embargo, la baja capacidad de almacenamiento de estos sistemas los hace pesados y limita su aplicación en sistemas como los portátiles o en el transporte, por ejemplo.

Se están desarrollando otras formas de almacenamiento sólido a nivel de laboratorio como los nanotubos y nanofibras de carbono, microesferas, fulerenos, etc.

2.3. Seguridad

Todos los combustibles son peligrosos debido a su gran reactividad química. Precisamente, es esta reactividad lo que hace de los combustibles excelentes fuentes de energía. El hidrógeno no es más peligroso que otros combustibles, como el gas natural o la gasolina (incluso en muchos sentidos puede ser más seguro), pero sus características son únicas y se debe gestionar adecuadamente. El hidrógeno es un gas incoloro, inodoro y de baja densidad que, al mezclarse con el aire, arde con una llama invisible que se propaga rápidamente con un gran poder calorífico y baja radiación. A pesar de estos inconvenientes se usan sensores especiales para detectar fugas y vigilar la calidad del hidrógeno y así prevenir explosiones.

Desde el punto de vista de fugas, el hidrógeno no es tóxico y se disipa rápidamente (es 14,4 veces más ligero que el aire), por lo tanto es un gas seguro en espacios abiertos. Sin embargo, tiene una baja energía de ignición (menor que la gasolina y el gas natural) y presenta una amplia variedad de concentraciones explosivas en el aire, por lo que puede inflamarse con facilidad. Asimismo, algunos materiales se vuelven frágiles en contacto con el hidrógeno. Por consiguiente, es necesario proporcionar una buena ventilación y una detección adecuada de las fugas y de la presencia de llama y seleccionar los materiales más idóneos para su transporte y almacenamiento.

3. PILAS DE COMBUSTIBLE

Una pila de combustible es un dispositivo electroquímico capaz de transformar la energía química contenida en un combustible (hidrógeno, en este caso) en energía eléctrica como corriente con-

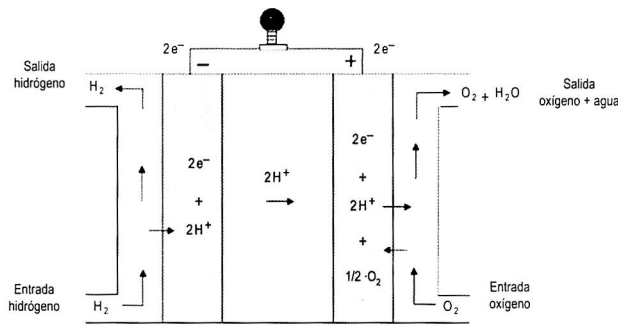


Fig. 1. Principio de funcionamiento de una pila de combustible alimentada con hidrógeno y oxígeno. Fuente: CENER

tinua. Las pilas de combustible constan de dos electrodos (ánodo y cátodo) separados por una delgada capa de electrolito, que podrá ser líquido o sólido dependiendo del tipo de pila. El combustible se suministra al ánodo, donde tiene lugar una reacción de oxidación que libera electrones al circuito externo. En el cátodo, empieza a reducirse el oxígeno al tomar los electrones del circuito externo. El electrolito, que separa los dos compartimentos gaseosos, conduce solamente iones (Fig. 1).

El flujo de electrones desde el ánodo al cátodo por el circuito externo produce directamente la energía eléctrica.

3.1. Fundamentos

Los sistemas electroquímicos, como las pilas de combustible, presentan altos rendimientos comparado con los sistemas térmicos ya que no tienen el límite impuesto por el ciclo de Carnot y se diferencian de los sistemas de combustión en que la oxidación del combustible y la reducción del comburente se realizan en lugares diferentes.

Por otra parte, la diferencia entre una pila de combustible y una batería es que la primera es un sistema de conversión de energía y la segunda es un sistema de almacenamiento de energía.

Las baterías proporcionan electricidad mientras los reactivos químicos que contienen en su interior no se agoten. Sin embargo, en una pila se produce energía siempre que se le suministren los reactivos necesarios para que tenga lugar la reacción. Las pilas no necesitan ser recargadas como ocurre con las baterías.

Los sistemas de generación de energía empleados actualmente no alcanzan unos niveles de rendimiento demasiado elevados, desperdiciando una importante cantidad de las reservas energéticas disponibles. Las pilas de combustible permiten obtener unos rendimientos de funcionamiento hasta tres veces superiores a los de un motor de combustión interna, debido a la transformación directa de energía química en energía eléctrica, con ausencia de combustión en el proceso (Fig. 2).

La tensión de salida de una celda es del orden de 1V. Para tener una utilidad práctica muchas celdas deben operar conjuntamente. Esto se realiza conectando varias celdas en serie en lo que se llama un "stack" (Fig. 3).

Variando el número y tamaño de las celdas, el sistema puede ser ajustado para cumplir los requerimientos exigidos por una aplicación concreta.

Las celdas se conectan entre sí mediante placas (bipolares en su mayoría) que actúan, por un lado, como colectores de corriente y por otro, separan los gases reactivos de los productos de la reacción (agua).

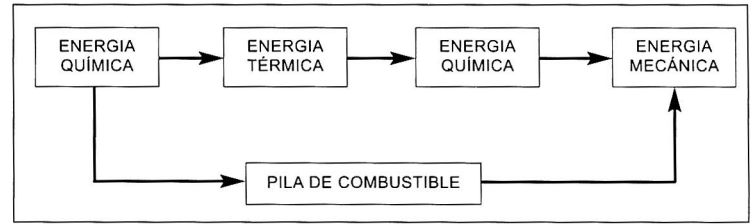


Fig. 2. Conversión de energía química en mecánica. Fuente: CENER

3.2. Tipos de pilas

Las pilas de combustible pueden clasificarse atendiendo a diversos parámetros: temperatura de trabajo, tipo de electrolito, tipo de combustible y de oxidante, etc. El parámetro que ha predominado es el electrolito utilizado, que a su vez condiciona la temperatura de operación, los materiales que pueden usarse, el tiempo de vida y las reacciones que tienen lugar en los electrodos (Fig. 4). Estas características, a su vez, determinan el tipo de aplicaciones para las que son más apropiadas estas pilas.

3.2.1. Pilas de membrana polimérica (PEMFC- Proton Exchange Membrane Fuel Cell)

Utilizan como electrolito una membrana polimérica, basada en ácidos sulfónicos perfluorados, que debe mantenerse completamente hidratada durante la operación para favorecer la conducción de los protones. Este hecho limita la temperatura de operación por debajo de 100°C y es un factor crítico para obtener una buena eficiencia.

Tienen el inconveniente de que funcionan a baja temperatura y requieren catalizadores para que la reacción se produzca. Los catalizadores generalmente son metales nobles como platino que además de costosos son delicados y se "envenenan" fácilmente por lo que la pila debe funcionar con hidrógeno de alta pureza.

A pesar de todo ello, presentan ventajas sustanciales frente a otros tipos de pilas: son de menor tamaño, más ligeras, con una alta densidad de corriente, de arranque más rápido y con una respuesta más rápida a los cambios de carga. Por ello, este tipo de pilas se consideran como las primeras candidatas para el suministro de energía en vehículos eléctricos, para aplicaciones portátiles y sobre todo para aplicaciones estacionarias, fundamentalmente residenciales.

Las pilas PEM tienen altos rendimientos eléctricos, entre el 40-55%, y aunque su temperatura de operación no es muy elevada se puede utilizar el calor residual en un proceso de cogeneración (CHP- Combined Heat and Power), para aplicaciones en las que no se requiera una elevada temperatura de salida del agua para su utilización. De esta forma se consigue un importante aumento de su eficiencia global. Este tipo de aplicaciones son las que más proyección están teniendo actualmente en el sector residencial, donde además de utilizar la electricidad producida por la pila de combustible, se puede utilizar el calor residual para el agua caliente sanitaria (ACS) e incluso para la calefacción.

3.2.2. Pilas alcalinas (AFC- Alkaline Fuel Cell)

Utilizan como electrolito una solución acuosa al 30-35% en peso de hidróxido de potasio (KOH).

Funcionan a temperatura baja, entre 70-120°C, y los rendimientos son altos debido, por una parte a la alta velocidad de reducción del oxígeno y por otra, a la baja energía de activación de la pila.

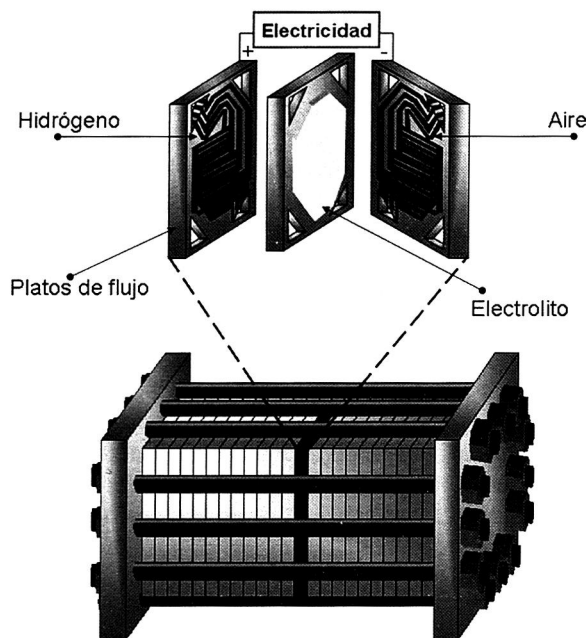


Fig. 3. Composición de un stack. Fuente: GENER

Tienen el inconveniente de que reaccionan con CO_2 formando carbonatos en el electrolito e inutilizándolo. Por esta razón, deben utilizarse reactivos (hidrógeno y oxígeno) puros.

Las principales aplicaciones se han producido en el ámbito espacial ya que son las primeras pilas que se utilizaron en los viajes espaciales. Sin embargo, en la actualidad, están siendo sustituidas por otras pilas en la mayoría de las aplicaciones por lo que su desarrollo se ha reducido mucho. No obstante, presentan características adecuadas para su uso en automoción y en aplicaciones de corta duración debido a la alta densidad de energía que ofrecen.

3.2.3. Pilas de Ácido fosfórico (PAFC- Phosphoric Acid Fuel Cell)

Las PAFC utilizan como electrolito ácido ortofosfórico (H_3PO_4), en concentraciones del 85% al 98%, un líquido que dificulta el manejo y el mantenimiento de estas pilas. Los electrodos están basados en los mismos materiales que las pilas PEM, grafito poroso, y pese a que funcionan a una temperatura que ronda los 200°C requieren platino como catalizador.

Como consecuencia de una temperatura de operación más elevada, son menos sensibles que las pilas PEM a venenos de catalizador como el CO y alcanzan unas eficiencias eléctricas entre el 40-50%, llegando incluso al 80% si se utilizan en cogeneración.

Su densidad de corriente es menor que en las PEMFC, por lo que son pilas más voluminosas y pesadas que éstas y por lo tanto más caras en su fabricación.

Estas pilas son consideradas como la primera generación de pilas de combustible modernas. Es el tipo de pila más desarrollado y el primero que estuvo comercialmente disponible.

Estas pilas se han desarrollado principalmente para aplicaciones estacionarias a gran escala, aunque en los últimos años la mayoría de los fabricantes están inclinándose por el uso de otras tecnologías, en detrimento de éstas.

3.2.4. Pilas de carbonatos fundidos (MCFC- Molten Carbonate Fuel Cell)

Las MCFC utilizan como electrolito carbonatos fundidos de metales alcalinos que transportan iones CO_3^{2-} . Estas pilas funcionan a unos 650°C para alcanzar una buena conductividad del electrolito. Algunas ventajas derivadas de la elevada temperatura son que permite superar la inercia de las reacciones, por lo que no se necesita el uso de catalizadores de metales nobles, y que estas pilas producen una gran cantidad de calor que puede aprovecharse para distintas aplicaciones.

Estas pilas, además, pueden funcionar con diversos combustibles como gas natural o derivados del petróleo ya que en el ánodo se consume CO_2 y en el cátodo se genera por lo que no hay componentes sensibles a este producto. Una ventaja adicional es que se puede llevar a cabo el reformado internamente, es decir, se puede alimentar directamente con un hidrocarburo sin necesidad del paso previo de transformarlo en hidrógeno.

Las MCFC pueden tener unos rendimientos entre el 50-70%. Sin embargo la desventaja más importante de estas pilas es la duración. Las altas temperaturas y el electrolito corrosivo que utiliza hacen que sus componentes se deterioren, reduciendo la duración de la pila.

Las principales aplicaciones previstas para este tipo de pila, que se encuentran en fase de desarrollo, son la generación de energía a todos los niveles incluyendo la cogeneración.

3.2.5. Pilas de óxidos sólidos (SOFC- Solid Oxide Fuel Cell)

Estas pilas utilizan un electrolito sólido cerámico que reduce la corrosión y elimina los problemas asociados a la gestión de los electrolitos líquidos. Para que una cerámica pueda alcanzar una conductividad iónica aceptable, se necesitan temperaturas cercanas a los 1000°C . Estas elevadas temperaturas hacen que no sea necesario utilizar metales nobles como catalizadores, reduciendo el coste.

La fabricación de estas pilas permite diversos diseños entre los que se pueden destacar el tubular y el laminar.

A estas temperaturas, el reformado interno también es posible, por lo que se pueden utilizar otros combustibles además del hidrógeno y el calor residual para cogeneración, aumentando así la eficiencia del sistema global entre el 45-75%.

Las elevadas temperaturas de operación hacen que su arranque sea lento, que necesiten un aislamiento especial para conservar el calor y que la duración de los materiales sea menor.

La mayoría de estas pilas como en el caso anterior se utilizan para aplicaciones estacionarias a gran escala, utilizando la cogeneración. Desde hace unos años ha aumentado la fabricación de este tipo de pilas con potencias entre 1 y 10kW para usos residenciales, en los que el calor residual se utiliza como se ha comentado en el caso de las PEMFC para cubrir los usos térmicos de la vivienda, pero con la ventaja añadida de que la temperatura de salida del agua es mayor que en las anteriores, por lo que su aprovechamiento es mayor.

3.3. Aplicaciones en el sector residencial

Como se ha visto en la descripción de los diferentes tipos de pilas de combustibles, los usos de estas son muy variados, desde

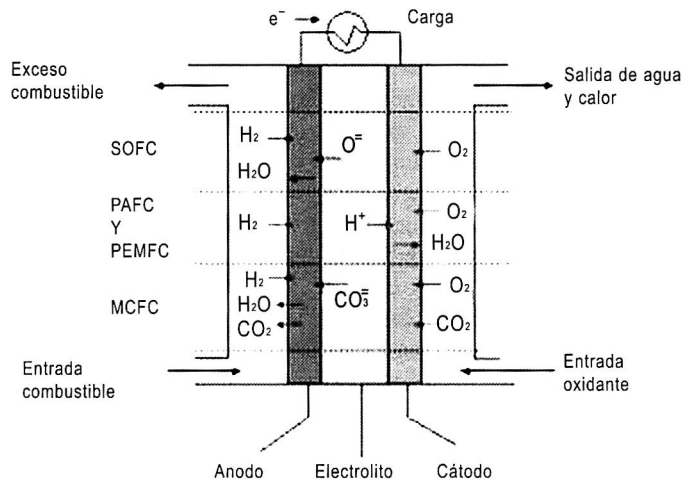


Fig. 4. Reacciones de los diferentes tipos de pilas de combustible. Fuente: CENER

aplicaciones en el sector de la automoción, hasta su uso en dispositivos portátiles de pequeño tamaño, pasando por todo tipo de aplicaciones en el sector estacionario, bien como energía de apoyo o para cubrir las necesidades de sistemas aislados, para generación de electricidad y calor a gran escala y con un futuro cada vez más prometedor, en el sector residencial, tanto para cubrir las demandas eléctricas como las térmicas, con unidades CHP.

Las principales ventajas de las pilas de combustible en las aplicaciones residenciales son:

- Alto rendimiento frente a sistemas convencionales.
- Baja emisión de ruidos.
- Bajo nivel de contaminación medioambiental (llegando a ser nulo si el hidrógeno proviene de energías renovables).
- Carácter modular. La disponibilidad de las pilas de combustible como módulos independientes supone una ventaja adicional, ya que un cambio de escala en la potencia requerida se consigue fácilmente mediante la interconexión de módulos en serie.
- Bajo mantenimiento requerido del sistema (una visita trimestral o anual rutinaria de carácter preventivo y sustitución del stack a los 5-10 años).

Las principales desventajas son:

- Coste elevado. Actualmente el coste de una pila de baja temperatura ronda los 6000 euros/kW, pero para llegar a ser una tecnología industrialmente competitiva debería disminuir en torno a los 1500 euros/kW. No obstante, ya existen hoy en día compañías que pretenden reducir sus costes hasta los 500 euros/kW³.
- Vida útil de las pilas. Los requisitos comerciales exigen unas vidas útiles para las pilas de combustible de unas 40.000 horas, para poder competir con las tecnologías actuales. Hoy en día la duración es menor, aunque se espera conseguir estos objetivos en los próximos años.
- Falta de legislación. Actualmente en España no existe ningún tipo de normativa respecto al uso del hidrógeno y las pilas de combustible, por lo que es realmente urgente crear un marco normativo para su implantación y manejo con todas las garantías necesarias. Varios organismos tanto a nivel internacional como nacional están ya trabajando para crear dicho marco.
- Desconocimiento social. Resulta realmente complicado una penetración importante de las pilas de combustible en el sector resi-

dencial debido al gran desconocimiento que existe sobre el hidrógeno y sus tecnologías por parte de la sociedad en general.

Las pilas más adecuadas para estas aplicaciones, las que más se están fabricando y las que mejor responden a las características de las viviendas son las PEMFC y SOFC. Las pilas PEM poseen la mayor cuota de mercado actualmente, pero en los últimos años las SOFC están ganando terreno⁴.

Las pilas PEM, al funcionar a baja temperatura tienen la ventaja de un menor tiempo de puesta en marcha, sin embargo las SOFC, que operan a alta temperatura, tienen la ventaja de una mayor cogeneración.

Actualmente no hay un tamaño que sea el más adecuado para las aplicaciones residenciales, sin embargo las unidades más utilizadas son las de 1,5 y 10 kW, aunque hay otros tamaños que también están siendo desarrollados.

Las pilas de 1kW denominadas micro CHP, que hacen uso combinado de calor y electricidad, resultan especialmente atractivas para las aplicaciones residenciales y su objetivo es proporcionar una cierta cantidad de potencia al día y gastar el calor que se produce en calentar el agua caliente. Estas unidades funcionan en paralelo con la red.

Si bien el consumo eléctrico medio anual de una vivienda en España según el IDAE es de unos 3.300 kWh/año, la media horaria de consumo ronda los 0,4 kWh, con unos picos de potencia en torno a los 3 kW. Por lo tanto con una pila de 1kW podríamos cubrir aproximadamente el 90% del consumo eléctrico de la vivienda, el resto debería ser aportado por la red.

Como una pila CHP necesita generar electricidad para poder utilizar el calor residual, por ejemplo para ACS, habrá momentos en los que tengamos un exceso de electricidad que no necesitemos utilizar en la vivienda.

En estos casos este exceso se puede verter a la red y con ello obtener una prima por generar energía de un modo eficiente como lo es en este caso por medio de pilas de combustible.

Actualmente el Real Decreto 661/2007, en el capítulo IV, sección 3ª, artículo 35, establece una prima de 12,04 c euros/kWh para la producción de energía eléctrica con pilas de combustible.

Una de las razones de la popularidad de las pequeñas unidades CHP es la relativa facilidad con la que se pueden incorporar al modelo de calefacción de las casas actuales. Estas unidades son, o serán, vendidas como parte de un paquete que incluye un depósito para el agua caliente.

Esta unidad no ocupará más sitio que el que actualmente ocupan las calderas de agua caliente.

Como la mayor parte de estas unidades están siendo diseñadas para funcionar con gas natural o propano, además de con hidrógeno, su adaptación al sistema energético actual no tiene mayores inconvenientes.

A pesar de todas las ventajas que pueden aportar las pilas de combustible, existe una falta de información y experiencias en el uso de estas en el sector residencial.

Para aproximar las tecnologías del hidrógeno al gran público y facilitar su introducción en nuestra vida cotidiana, en CENER, se ha desarrollado una aplicación informática de fácil manejo, llamada HYNTEGRA 1.0.

El objetivo principal del programa es tener una primera estimación técnica y económica de lo que supondría integrar pilas de combustible en una vivienda, proporcionando una relación de todos los componentes necesarios, su ubicación, sus consumos y sobre todo un cálculo económico de la instalación.

El usuario podrá consultar también las ayudas vigentes para pilas de combustible, bien sea por parte del gobierno central o de cada comunidad autónoma en particular (si dispone de ayudas al respecto).

La herramienta valora una serie de parámetros como el tipo y ubicación de la vivienda, días de uso de ésta, si está conectada o no a la red, sus demandas energéticas, tanto térmica como eléctrica, la posibilidad de integrar energías renovables, etc. Con los parámetros introducidos por el usuario respecto a las características de la vivienda y con la elección de la pila y el combustible que se quiere utilizar para su funcionamiento, el programa hace una evaluación tanto económica como técnica de las posibles soluciones para definir cual es la más adecuada según los criterios dados por el interesado.

Con este programa se ha pretendido desarrollar una herramienta de fácil aplicación y utilización por parte de todos aquellos interesados (a título individual, organismos públicos y privados, promotores de viviendas, etc.) en instalar sistemas residenciales basados en pilas de combustible.

3.4 Pilas de combustible para generación distribuida

El sistema energético actual está estructurado de una forma centralizada es decir, grandes centrales que generan la energía lejos de los lugares de consumo y la transportan a través de las redes de transporte (alta tensión >220V) y de distribución (baja tensión <220V) hasta los consumidores finales.

El incremento de la demanda de energía en los últimos años está provocando una serie de problemas en las redes de transporte (problemas de evacuación de la red) que unidos a los propios de un sistema centralizado (pérdidas de transmisión en la red, grandes inversiones para la puesta en marcha de las centrales, utilización de combustibles fósiles, etc.) hacen que el sistema energético tienda hacia una generación distribuida, (generación cerca de los puntos de consumo), que solucione los problemas de suministro en muchas regiones, que permita aprovechar recursos naturales de la zona e incremente la sostenibilidad de los sistemas.

Las pilas de combustible, junto con las energías renovables para la producción de hidrógeno, constituyen una verdadera opción de futuro en la generación distribuida, permitiendo producir, almacenar y administrar la energía en el mismo lugar de consumo.

Las viviendas pueden constituir pequeñas centrales de generación distribuida, utilizando pilas de combustible CHP para la generación de electricidad y calor, junto con las energías renovables, capaces de producir el hidrógeno necesario. De este modo, el usuario se convierte tanto en productor como en consumidor de su propia energía. Con esta forma de generación distribuida cada individuo a nivel personal podrá contribuir de forma activa en el uso más eficiente de la energía, en la reducción de las emisiones de CO₂, en el incremento del uso de fuentes de energía renovables y así conseguir un sistema energético más sostenible.

La producción de hidrógeno se puede utilizar como un sistema de gestión de la demanda eléctrica, de manera que en los periodos en que ésta es inferior a la producción, los excedentes se utilicen para producir hidrógeno que pueda ser utilizado como combustible en los periodos de alta demanda.

Las pilas de combustible pueden contribuir a generar energía en las horas de consumo pico, compensando las diferencias estacionales en el consumo y equilibrando la generación intermitente de las fuentes de energía renovable.

Cuando las pilas produzcan más electricidad de la que necesite en un momento determinado una vivienda, este exceso puede ser evacuado por la red eléctrica, obteniendo de este modo el dueño de la vivienda una prima económica por la generación de electricidad de una forma eficiente, como hemos señalado anteriormente.

Una gran cantidad de pequeños productores de energía nos lleva al concepto de planta virtual, donde un operador podría gestionar las transacciones de energía entre compradores y vendedores, de una forma no tradicional, atendiendo a diferentes parámetros exteriores.

Este tipo de generación distribuida reduce la distancia entre la producción de energía y el consumo, hace un uso más eficiente de la energía, aumenta la presencia de las energías renovables en el sistema, disminuye la dependencia energética exterior aprovechando los recursos propios de la zona, proporciona una alta fiabilidad, calidad, seguridad y disponibilidad de servicio eléctrico requerido por la sociedad actual y por último cambia la relación que mantienen los ciudadanos con la energía.

De acuerdo con la idea del uso de pilas de combustible en viviendas para generación distribuida, CENER está participando en un proyecto europeo respaldado por la IEE (International Energy Europe) y en el que participan 12 socios de 7 países europeos⁵.

El proyecto titulado: RES-FC Market: "Regional markets of RES-fuel cell systems for households" (Mercados regionales para fuentes de energía renovables y pilas de combustible en viviendas). consiste en un estudio de mercado sobre la viabilidad técnico-económica de implantar 3.000 unidades de pilas de combustibles CHP PEM de 1kW en 10 regiones europeas, utilizando en cada una de ellas su recurso renovable más abundante para producir el hidrógeno necesario para el funcionamiento de la pila.

En España, se ha escogido para el estudio la región de Navarra, por ser una comunidad en la que las energías renovables juegan un papel muy importante en el sistema de generación. Así, en 2006 las energías renovables cubrieron casi el 70% del consumo eléctrico de la comunidad, siendo el 52% procedente de la energía eólica.

Con el objetivo final de caracterizar un mercado potencial en Navarra para pilas de combustible en aplicaciones residenciales, en el proyecto se estudia la viabilidad de usar el exceso eólico durante las noches para la producción de hidrógeno. En estos periodos la demanda de energía desciende considerablemente por lo que la electricidad es más barata, sin embargo la producción eólica no disminuye.

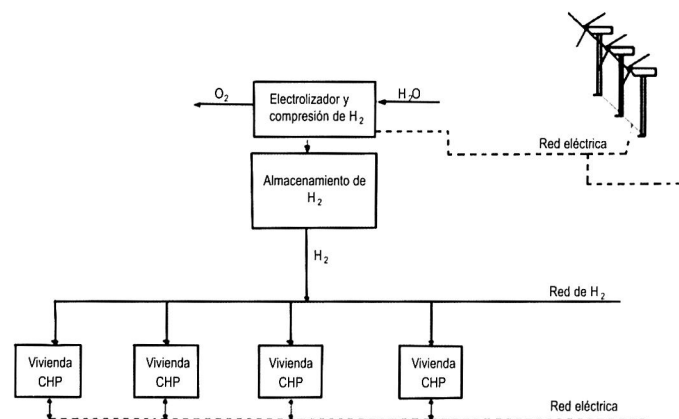


Fig. 5. Esquema del estudio realizado en el proyecto RES-FC Market

El hidrógeno producido por electrolisis (separación del agua en sus dos componentes, hidrógeno y oxígeno) se almacena en forma gaseosa en depósitos a presión, para su posterior uso, durante el día, en la pila de combustible instalada en la vivienda y así suministrar parte de las demandas energéticas de la casa (Fig. 5).

4. CONCLUSIONES

El sector residencial es uno de los nichos de mercado donde el hidrógeno y las pilas de combustible pueden jugar un importante papel en el futuro, reduciendo el uso de combustibles fósiles, aumentando la eficiencia de los sistemas de conversión de energía, reduciendo las emisiones de efecto invernadero e incrementando el uso de energías renovables.

Las pilas de combustible CHP en el sector residencial, con el apoyo de las energías renovables para la producción de hidrógeno, pueden favorecer la generación distribuida, convirtiendo a las viviendas en pequeñas centrales de generación y a los usuarios en productores a la par que consumidores de su propia energía. De este modo se consigue aumentar el uso de las energías renovables, hacer un uso más eficiente de la energía y reducir la dependencia energética exterior haciendo un mejor y mayor uso de los recursos de la zona.

Asimismo se conseguiría una mayor implicación de la sociedad en general y de cada persona en particular en la generación y uso de la energía de una forma más limpia y eficiente, reduciendo las

emisiones de gases de efecto invernadero y consiguiendo un sistema energético más sostenible.

Para poder conseguir estos objetivos es necesario un conocimiento generalizado del hidrógeno y sus tecnologías en los diferentes niveles de la sociedad. Un medio para ello es el uso de aplicaciones informáticas que permitan el diseño y dimensionamiento de viviendas y otros edificios a todos aquéllos interesados en este tipo de instalaciones, sin que por ello requiera conocimientos específicos al respecto.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo esta parcialmente financiado por la Comunidad Europea a través del Programa Altener 2004 (EIE/05/214/SI2.420237-RES-FC MARKET).

NOTAS

1. "World energy, technology and climate policy outlook 2030 (WETO)", European commission, 2003.
2. "Perfil ambiental de España 2006", mityc.
3. <http://www.itm-power.com/290607.pdf>.
4. ADAMSON, Kerry-Ann, "2006 Small Stationary Survey". Disponible en: www.fuelcelltoday.com.
5. <http://www.resfc-market.eu/index.htm>.

Mónica Aguado Alonso. Doctora Ingeniera Industrial Eléctrica (Universidad Pública de Navarra, 2000), ha trabajado como ingeniera en la compañía TRW S.A y desde 1996, es profesora del área de Ingeniería Eléctrica en la UPNA. Su investigación se centra en el ámbito de los sistemas eléctricos de potencia, con especial importancia en todo lo referente a la integración de las energías renovables en la red eléctrica. Colabora con el Departamento IRE del Centro Nacional de Energías Renovables desde 2003 y es autora de numerosos artículos científicos así como de ponencias en congresos nacionales e internacionales.

Beatriz Alzueta Ibañez. Ingeniera Industrial en la especialidad de técnicas energéticas (Universidad Nacional de Educación a Distancia UNED, 2006). Trabaja desde el año 2005 en el Centro Nacional de Energías Renovables, dentro del departamento de Integración de Energías Renovables en Red (IRE), en actividades relacionadas con la producción de hidrógeno y su aplicación en pilas de combustible para el sector residencial.

Raquel Garde Aranguren. Doctora en Ciencias Químicas (Universidad de Zaragoza, 1996), ha realizado su labor investigadora en diversas universidades europeas (Alemania, Francia) en las áreas de catálisis, química inorgánica y estado sólido y magnetismo molecular. Desde 2002 forma parte del equipo investigador del Departamento IRE del Centro Nacional de Energías Renovables, desarrollando actividades en el área de producción de hidrógeno a partir de energías renovables y aplicaciones de pilas de combustible en el sector residencial. Es autora de numerosos artículos científicos así como de ponencias en congresos nacionales e internacionales.